Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

DEEL 32 - Nr. 5 1967

On a category of strip-line filters

by M. A. Halim *)

Summary

A new method, based on modern network theory, has been developed to design filters, employing parallel-coupled strip lines with open ends or shorted ends. Construction details and experimental results for a single-section open-end type filter have been given. Procedure for the shorted-end type has been outlined.

1. Introduction

There is a number of different ways in which strip transmission lines can be used to construct microwave filters. In the past, most of these networks have been designed using image parameter theory. However, in the present days, modern network theory procedure, based on Ozaki-Ishii [1] synthesis techniques, is found to be used extensively in strip line filter design. This procedure involves the synthesis of a special transfer function corresponding to the given circuit and then the determination of the filter elements from the transfer function. This transfer function is obtained in terms of a frequency variable different from that in the real frequency plane; and a special transformation is required to obtain this. To see how this transformation comes, we note that in microwave networks, the impedance of a section of transmission line is expressed as a function of j tan βl, where β is the phase constant and l is the line length. Hence, microwave networks, composed of lumped resistors and lossless equal-length transmission lines, can be treated as lumped networks, using a transformation to the complex frequency variable:

---

*) Technological University, Delft.

$$S = \mathrm{j} \tan \beta l = \mathrm{j} \tan \frac{\pi}{2} \frac{\omega}{\omega_o} = \mathrm{j}\Omega, \tag{1}$$

$\Omega = \tan \dfrac{\pi}{2} \dfrac{\omega}{\omega_o}$, the transformed prototype frequency variable,

ω_o, the real constant frequency at which l is a quarter wavelength,

ω, the real frequency variable.

As can be seen from eq. (1), Ω is periodic in $2\omega_o$, and consequently the response of the microwave network will repeat at this interval.

Comparing an Ω-plane filter with that in the ω-plane, it is seen that a high-pass Ω-plane filter corresponds to a band-pass ω-plane filter with infinite number of pass-bands, centred at odd multiples of ω_o (fig. **1a**). Similarly, a low-pass Ω-plane filter has, in the ω-plane, in addition to a low-pass band an infinite number of higher pass-bands, centred at even multiples of ω_o (fig. 1b). $\omega = 0$ maps into $\Omega = 0$, $\omega = \dfrac{\omega_o}{2}$ maps into $\Omega = 1$, $\omega = \omega_o$ maps into $\Omega = \infty$.

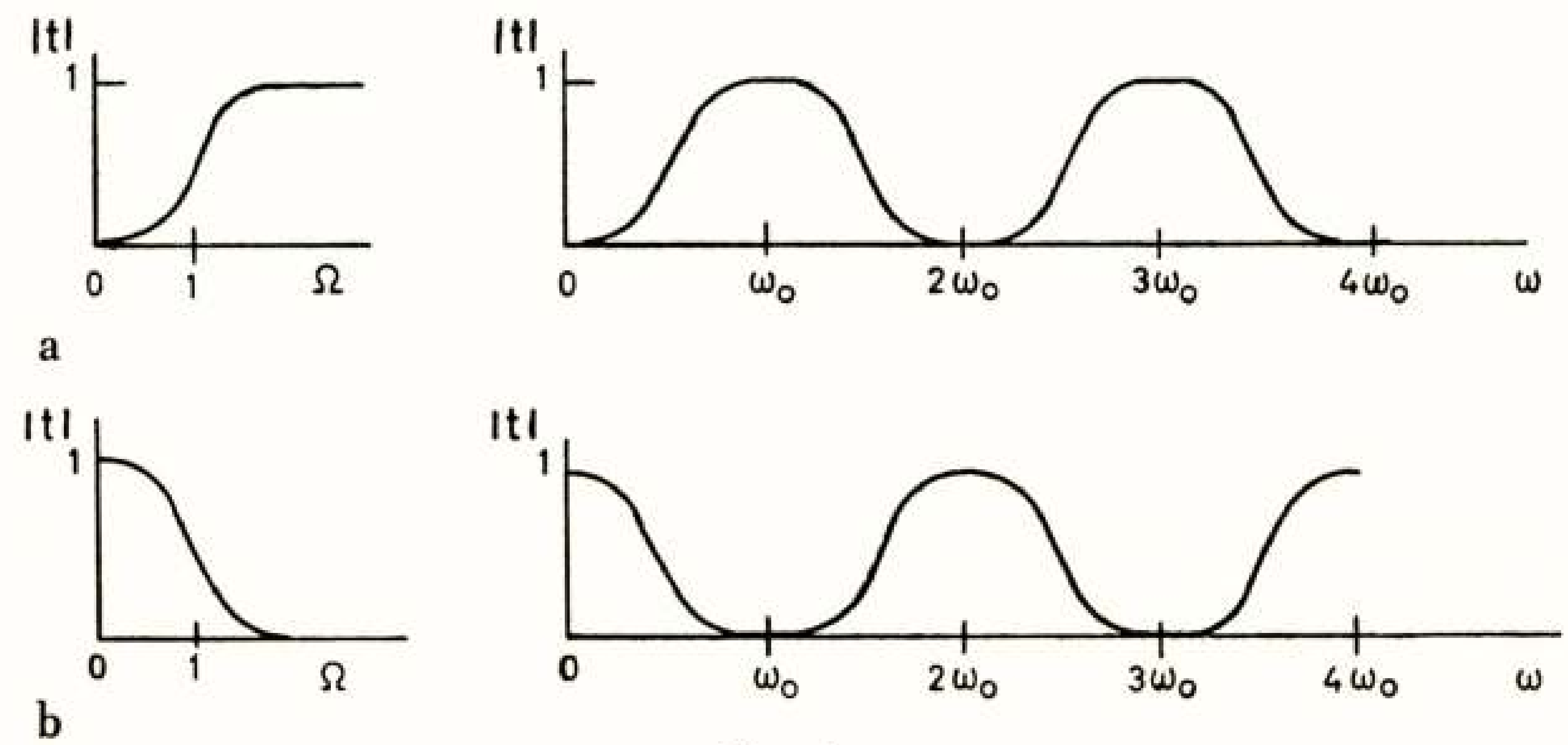


Fig. 1

(a) Ω-plane high-pass to ω-plane band-pass mapping;

(b) Ω-plane low-pass to ω-plane band-pass mapping.

$|t|$ represents the transmission function for the network.

To design a desired microwave filter, at first the function of Ω is chosen to give the desired response. Then performing the synthesis by modern network techniques, the Ω-plane lumped network is obtained, which is then thransformed to a suitable Ω-plane circuit configuration. However, the synthesis performance may be omitted by consulting the standard tables of prototype networks, from which the desired Ω-plane lumped network can directly be obtained.

Among the various types of strip-line circuit configurations, a more common type is the one in which parallel-coupled lines are used with open ends, or its dual parallel-coupled lines with shorted ends (fig. 2).

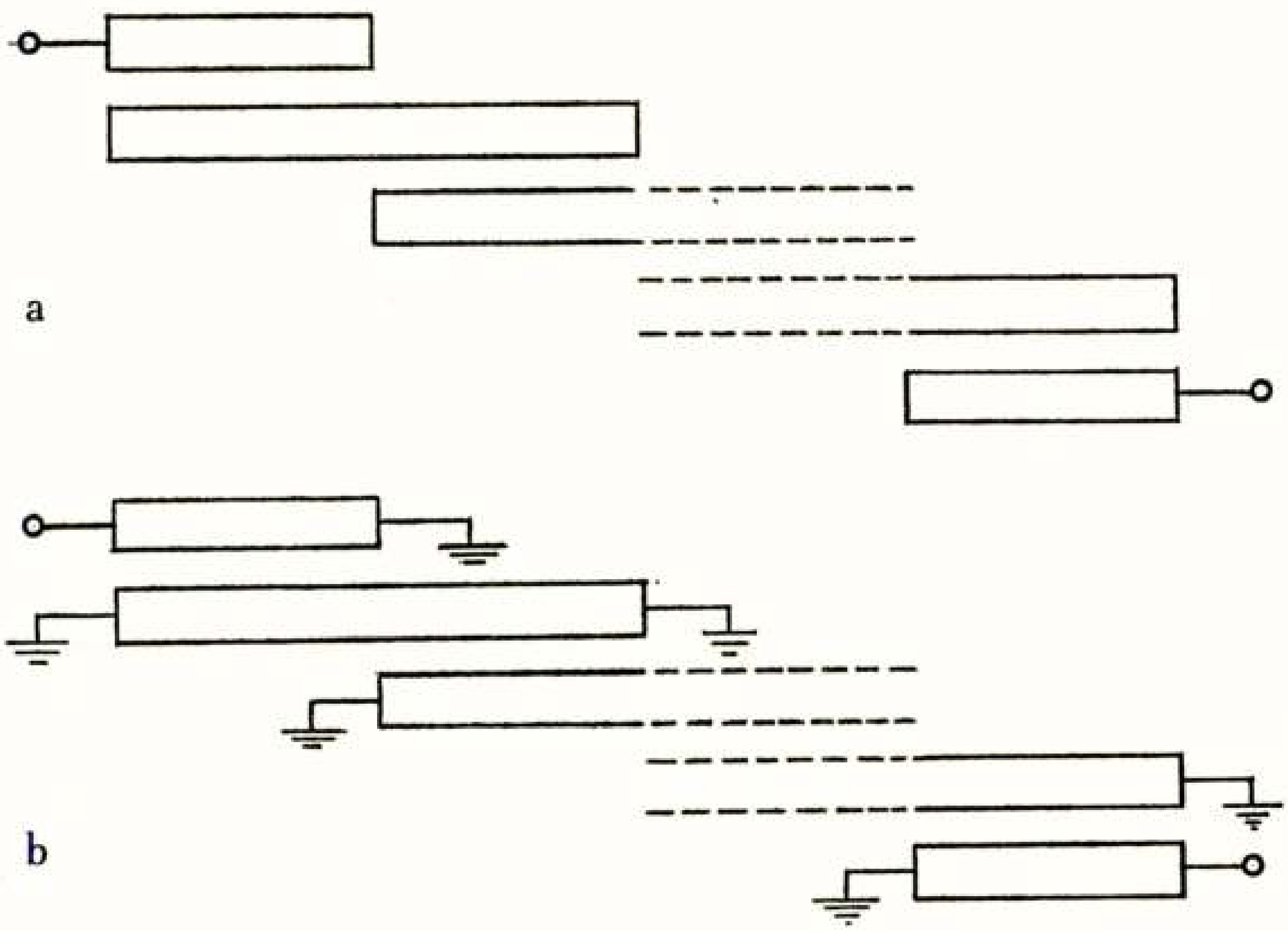


Fig. 2
(a) open-end parallel-coupled strip-line circuit;
(b) shorted-end parallel-coupled strip-line circuit.

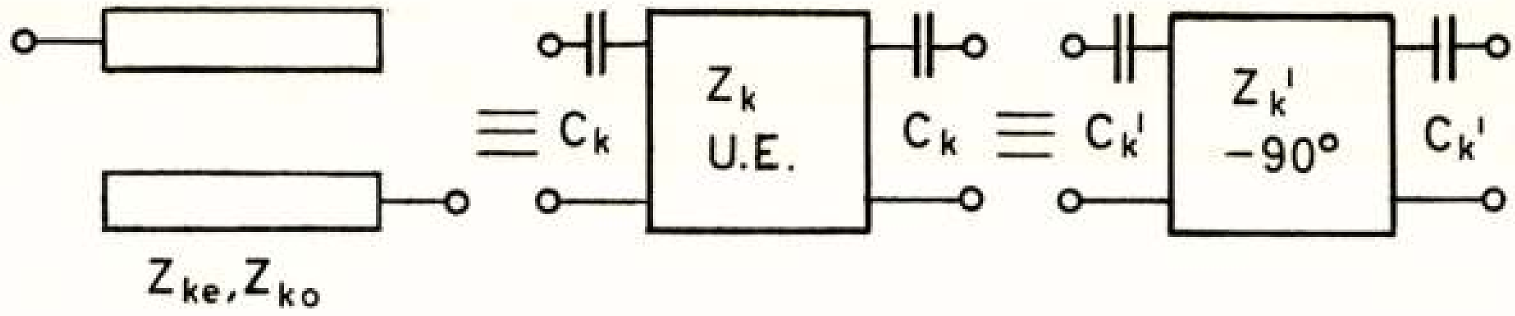
Cohn [2] has given a design procedure, with construction details, for filters with parallel-coupled lines having open ends. The procedure is based on image parameter theory and applicable to narrow-band filters.

Wenzel [3] has presented an elaborate discussion, summarizing the different methods of strip-line filter design, based on modern network theory. Although the „normal'' synthesis procedure is not applicable to circuits having parallel-coupled lines with open ends only or shorted ends only, Wenzel has discussed the possibilities of designing filters with this type of circuit configuration, using different kind of synthesis procedure.

During the present investigation, a different approach has been made to develop a simple and straight-forward procedure, based on modern network theory, to design filters, having parallel-coupled lines with open ends or shorted ends.

2. Development of Ω-plane equivalent circuit

Consider the circuit in fig. 2a, which is seen to be an assembly of N sections of fig. 3a. The Ω-plane equivalent of fig. 3a is fig. 3b [3], where,



a b c

Fig. 3

Single section parallel-coupled circuit and the Ω-plane equivalents.

$$\begin{aligned} Z_{ke} &= \frac{1}{C_k} + 2 Z_k, \quad k = 1,2,3,\ldots N, \\ Z_{k0} &= \frac{1}{C_k}, \end{aligned} \tag{2}$$

Z_{ke} and Z_{k0} being the characteristic impedances of each conductor with respect to ground for the even and the odd mode respectively. It should be noted that an Ω-plane capacitor C represents the characteristic admittance of a transmission line and has the units of mhos. The „unit element" (U.E.) is given by the ABCD-matrix,

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1 - S^2}} \begin{bmatrix} 1 & SZ_k \\ \frac{S}{Z_k} & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

and corresponds to a transmission line of electrical length $\varphi = \frac{\pi}{2} \frac{\omega}{\omega_0}$ and characteristic impedance Z_k.

We shall now introduce the so-called ideal impedance inverter having a constant impedance Z'_k and a phase shift of -90° at all frequencies; and characterized by the ABCD-matrix

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -j Z'_k \\ \frac{-j}{Z'_k} & 0 \end{bmatrix}. \tag{4}$$

By simple matrix element comparison, it can be shown that figs. 3b and 3c are equivalent if,

$$Z'_k = \frac{\sqrt{S^2 - 1}}{S} Z_k, \tag{5a}$$

$$C'_k = \frac{C_k}{1 + Z_k C_k}. \tag{5b}$$

However, from eq. (5a) we see that Z_k' varies with S, and hence the circuit of fig. 3c is of little practical importance. So, we shall make some approximation here, noting that in the vicinity of $\omega = \omega_0$ the value of S is very high, and hence $\frac{\sqrt{S^2 - 1}}{S}$ may be replaced by unity with negligible error over a moderate bandwidth. Consequently, the circuit of fig. 3c reduces to that in fig. 4 as a narrow-band equivalent circuit.

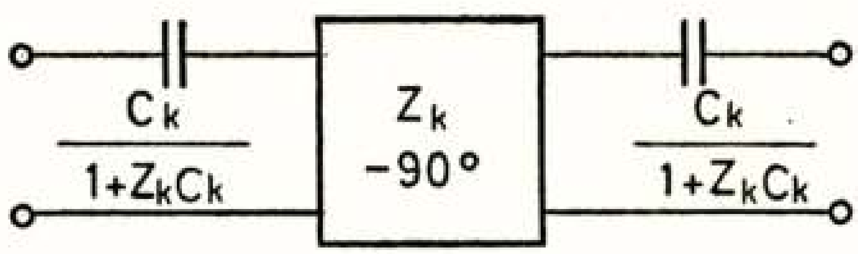


Fig. 4
Narrow-band Ω-plane equivalent.

The even and odd mode characteristic impedances, written in normalized form, will become:

$$\frac{Z_{ke}}{Z_0} = \frac{1}{Z_0 C_k'} + \frac{Z_k}{Z_0},$$
$$\frac{Z_{ko}}{Z_0} = \frac{1}{Z_0 C_k'} - \frac{Z_k}{Z_0}. \qquad (6)$$

Now, with an ideal inverter, two sets of equivalent circuits as shown in fig. 5 can be obtained.

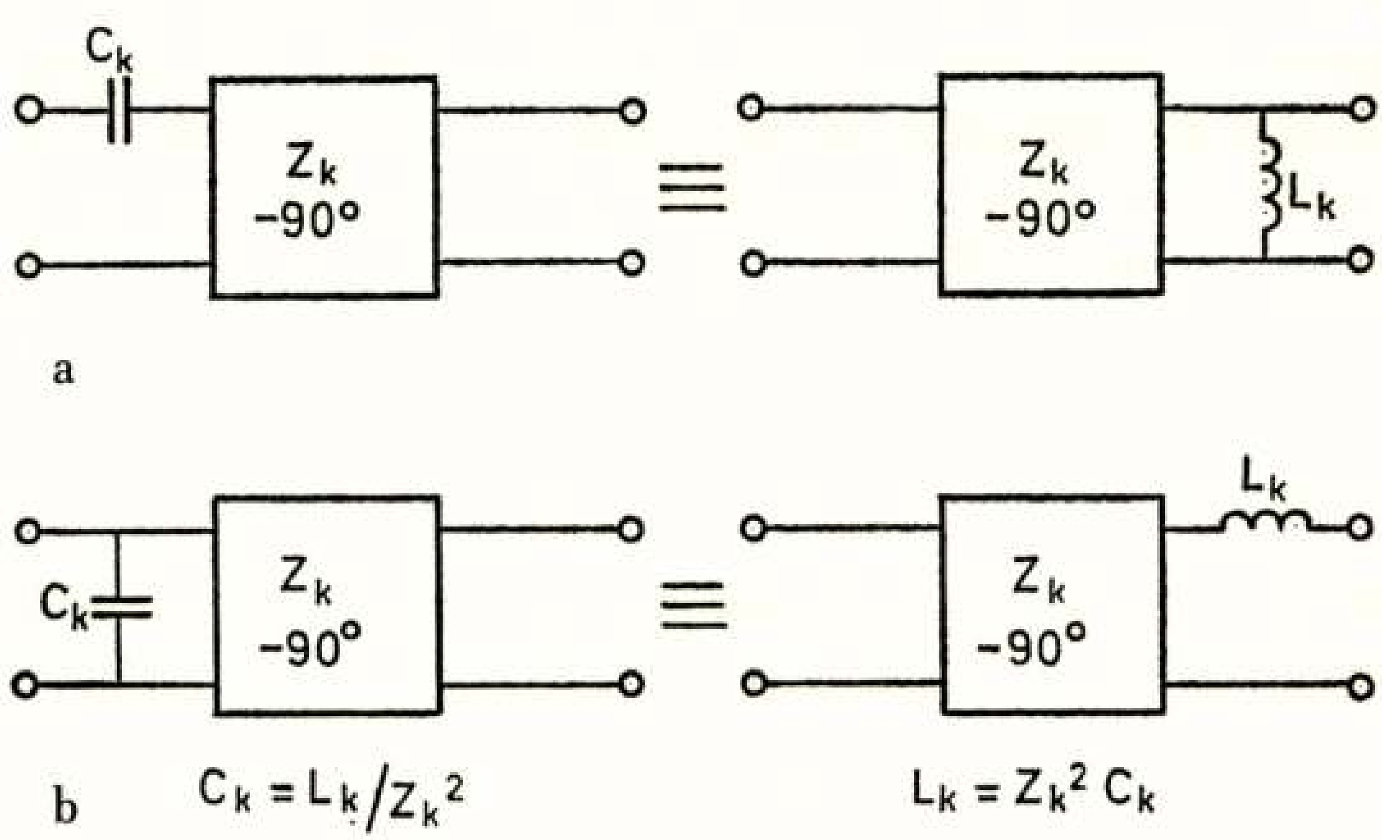


Fig. 5
Transformations with ideal impedance inverter. $C_k = L_k / Z_k^2$.

Applying the identity of fig. 5a to fig. 4 we get the narrow-band equivalent of a single-section open-end strip-line circuit as shown in fig. 6a. Similarly, a single-section shorted-end strip-line circuit will give the narrow-band equivalent, as shown in fig. 6b. It can, therefore, be seen that putting a number of elements in series, the narrow-band equivalent circuits of figs. 2a and 2b can be realized.

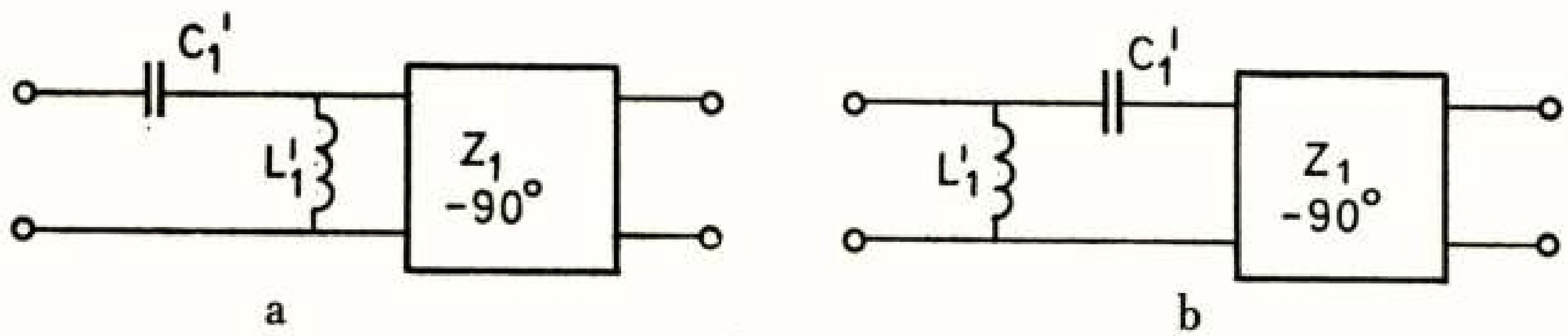


Fig. 6
Final Ω-plane equivalent circuit;
(a) for open-end circuit,
(b) for shorted-end circuit.

3. Design and experiment

The first step in designing a filter is to select the bandwidth and the prototype network corresponding to the desired response. The bandwidth, however, must be so selected that the approximation made in section 2 is justified. It turns out that for bandwidths upto 50% the value of $\frac{\sqrt{S^2 - 1}}{S}$ is always smaller than 1,10 which might be accepted. On the other hand, there is a lower limit on bandwidth, because the element values given by prototype networks correspond to 100% bandwidth. So, to get the desired bandwidth, the prototype values must be modified, i.e. the capacitances and inductances must be devided by the Ω-plane band-edge cut-off Ω_c, given by the relation [3]

$$\Omega_c = \tan \frac{\pi}{2} \frac{\omega_c}{\omega_0}, \tag{7}$$

where ω_c is the desired band-edge cut-off in the ω-plane; the fractional bandwidth being

$$W = 2 \frac{\omega_0 - \omega_c}{\omega_0}. \tag{8}$$

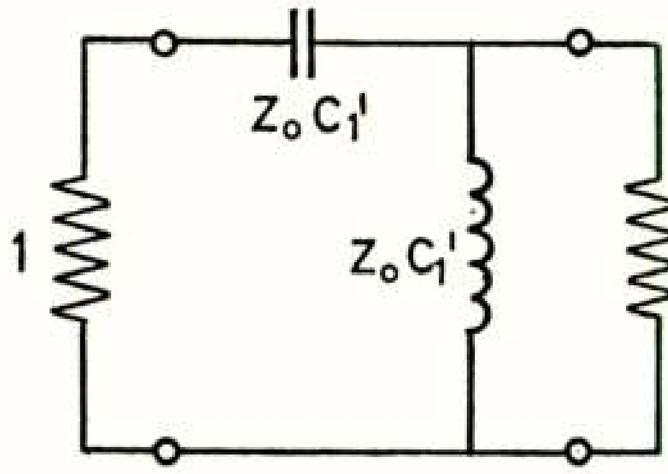
The general form of eq. (6) thus becomes:

$$\frac{Z_{ke}}{Z_o} = \frac{\Omega_c}{Z_o C_k'} + \frac{Z_k}{Z_o},$$
$$\frac{Z_{ko}}{Z_o} = \frac{\Omega_c}{Z_o C_k'} - \frac{Z_k}{Z_o}. \tag{9}$$

Now, eq. (8) shows that W becomes smaller as ω_c approaches ω_o, which, according to eq. (7), indicates larger values of Ω_c. Again from eqs. (9) we see that if Ω_c is very high, Z_{ke} and Z_{ko} become too large, which puts a lower limit on the bandwidth. Although by making Z_o small we can allow for large Ω_c, by consulting graphs of Z_o *vs* line width [4], it can be seen that if Z_o is too small, the line width becomes too large to realize physically. Thus in designing a filter, a compromise is made between Ω_c and Z_o.

To verify the theory, a single-section open-end strip-line filter has been constructed and tested. Putting $Z_1 = Z_o$ and normalizing with respect to Z_o, fig. 6a reduces to fig. 7a, which is then compared with the second-order high-pass Butterworth network, shown in fig. 7b. This gives $Z_o C_1' = 0.707$ which is substituted in eqs. (9). Taking 49% bandwith which, according to our approximation, corresponds to the upper limit, and assuming $\sqrt{\varepsilon_r}\, Z_o = 36\ \Omega$, we get from eq. (9)

$$\sqrt{\varepsilon_r}\, Z_{1e} = 163\ \Omega \text{ and } \sqrt{\varepsilon_r}\, Z_{1o} = 91\ \Omega\,. \tag{10}$$



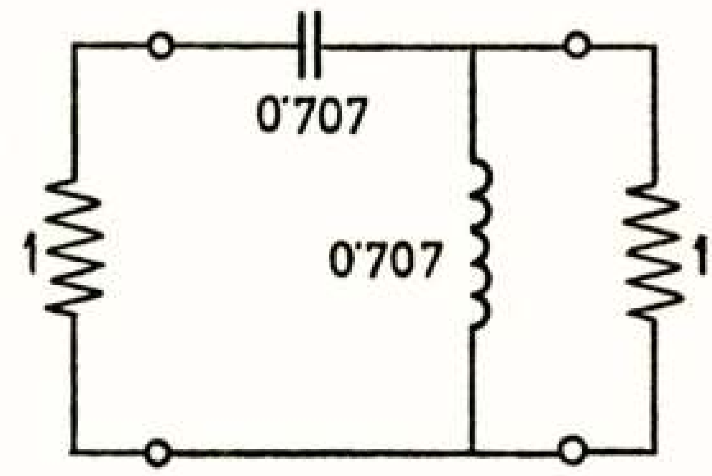


Fig. 7
(a) Normalized Ω-plane equivalent circuit.
(b) High-pass Butterworth prototype.

The material available to construct the filter was 1,7 mm thick teflon sheet clad with thin copper foil on both the surfaces. The filter cross-section shown in fig. 8 was considered, where,

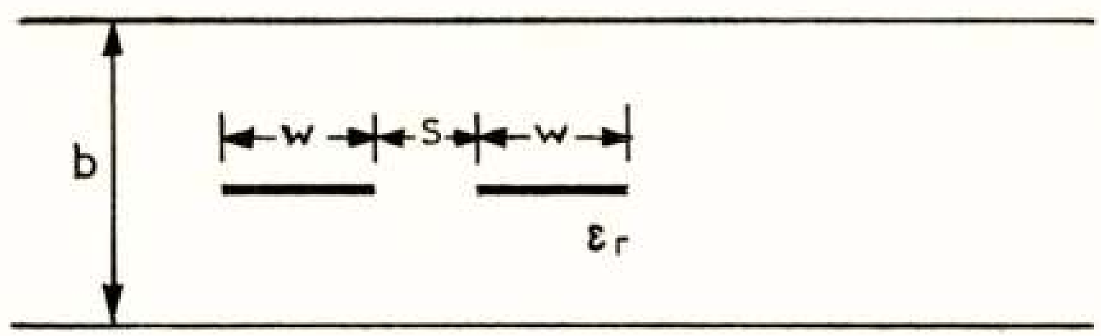


Fig. 8
Cross-section of the filter.

w = width of the strip line,
s = spacing between two lines,
t = thickness of the strip lines ≈ 0,
b = spacing between ground planes = 3.4 mm,
ε_r = relative dielectric constant of teflon = 2.1.

For this type of cross-section, the even and odd mode characteristic impedances, given by eq. (10), yield [5]

$$\frac{s}{b} = 0.150 \quad \text{or} \quad s = 0.5 \text{ mm},$$

$$\frac{w}{b} = 0.293 \quad \text{or} \quad w = 1.0 \text{ mm}.$$

The circuit was drawn on the copper-clad teflon sheet and the unwanted part was taken off. Another sheet, with the copper foil completely taken off from one surface, was placed over it to make the total spacing between the ground planes 3.4 mm. The centre frequency selected was 3 GHz, which gives the length of quarter wave in teflon dielectric

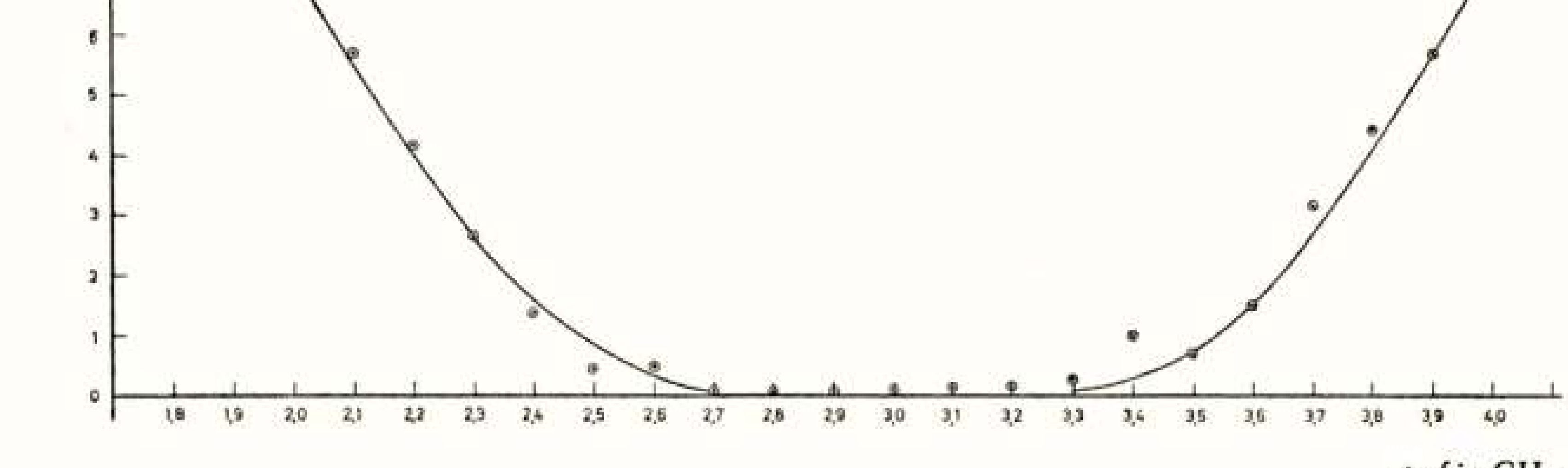


Fig. 9
Insertion loss of single-section open-end parallel-coupled strip-line filter. The actual circuit is also shown.

$\lambda_0/4 =$ 17.3 mm. To take the fringing capacitance into account, the line was shortened by an amount [6] $d = 0.165 \times b \approx 0.6$ mm. Double quarter-wave transformers with line-width 6.0 mm and 3.7 mm were used to transform Z_0 to the value of source and load impedance corresponding to line width 2.9 mm. The final circuit is shown in fig. 9 which shows also the response of this filter. The solid line shows the theoretical attenuation as calculated from the relation [3]:

$$|t|^2_{TEM} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Omega_c}{\Omega}\right)^{2n}}, \tag{11}$$

n being the number of reactive elements in the corresponding prototype Butterworth network. The circles in the figure show the experimental values. It is seen that the agreement is quite good. The little discrepancies observed are probably due to the lack of accuracy with which the filter has been constructed.

4. Conclusion

It is evident that the design procedure outlined here is a simple and easy one, leaving the designer with a moderate bandwidth to choose. Although the approximation, made in developing the method, puts an upper limit to the bandwidth, it appears that bandwidths higher than 50% can be obtained. The overall size of the filter is relatively small.

However, to get a good response, in accordance with the design, the filter must be constructed with the highest degree of accuracy; because, in the frequency range considered, a slight deviation in the dimensions of the strip lines or of the spacings between the lines, from the specified values, will have a considerable effect both on the shape of the response curve and the location of the centre frequency.

Although we have discussed in detail a single-section filter only, filters with two and four sections have also been constructed. As expected, these filters also showed a fair agreement between the theoretical and experimental responses.

References

[1] H. O z a k i and I. I s h i i, „Synthesis of a class of strip-line filters". IRE trans. on circuit theory; vol. CT-5; pp. 104-109; June 1958.

[2] S. B. C o h n, „Parallel-coupled transmission line resonator filters". IRE trans. on microwave theory and techniques; vol. MTT-6; pp. 223-231; April 1958.

[3] R. I. W e n z e l, „Exact design of TEM microwave networks using quarter-wave lines". IEEE trans. on microwave theory and techniques; vol. MTT-12; pp. 94-111; January 1964.

[4] Q. L. M a t t h a e i, L. Y o u n g and E. M. T. J o n e s, „Microwave filters, impedance matching networks, and coupling structures". McGraw-Hill Book Company, 1964, p. 169.

[5] Ibid; sec. 5-05.

[6] Ibid; p. 475.

Manuscript ontvangen 18 mei 1967.

ERRATA TIJDSCHRIFT N.E.R.G. DEEL 32 - Nr. 3 - 1967

„A sampling theorem for narrowband signals" by C. van Schooneveld

pag. 74, eq. (5), 2nd line, should be: $b(t) = \dfrac{\sin \pi Bt}{\pi Bt} \sin 2\pi f_0 t$

„ 75, eq. (7), „ „ : $S'(f) = \sum_k S(f - \mathrm{k}F)$

„ 92, eq. (25), 2nd line, „ „ : $= 0 \text{ if } \mathrm{k} \neq 1$

„ 94, eq. (30), 2nd part, „ „ : $e(t - \tau) \doteqdot E(f) \exp - 2\pi \mathrm{j} f \tau$

„ 95, eq. (32), „ „ : $\int s(t) e(t-\tau) \mathrm{d}t = \dfrac{1}{F} \int S(f) \exp 2\pi \mathrm{j} f \tau \, \mathrm{d} f = \dfrac{1}{F} s(\tau)$

CONGRESSEN E.D.

Colloque international sur la télévision en couleur

Van 1 tot 5 april 1968 zal in Parijs een „Colloque international sur la télévision en couleur" worden gehouden, ter gelegenheid van de „Salon international des composants électroniques".

Dit colloquium wordt georganiseerd door de „Union des associations techniques internationales" (U.A.T.I.) en de „Société française des électroniciens et des radioélectriciens", met medewerking van de „Fédération nationale des industries électroniques".

Nadere inlichtingen kan men verkrijgen bij: Colloque international sur la télévision en couleur, 16, Rue de Presles, 75-Paris 15e, France.

Congres Cybernetica

Van 23 tot 26 april 1968 houdt de „Deutsche Gesellschaft für Kybernetik" een congres in München. Het programma vermeldt de volgende onderwerpen: Methods of Cybernetica – Cybernetics in the Behavioral Sciences – Cybernetics in the Neurophysiology – Cybernetics in the Psychology – Cybernetics in the Communication Sciences.

Voorzitter is Prof. Dr.-Ing. H. Marko (Institut für Nachrichtentechnik der Technischen Hochschule München).

Inlichtingen zijn verkrijgbaar bij de Deutsche Gesellschaft für Kybernetik, D-6 Frankfurt/Main 70, Stresemann Allee 21, VDE-Haus.

TENTOONSTELLINGEN E.D.

Salon international des composants électroniques

De „Salon international des composants électroniques" zal worden ge-

houden van 1 tot 6 april 1968 te Parijs, Parc des Expositions, Porte de Versailles.

Het traditioneel hiermee verbonden „Colloque international" zal plaats vinden van 1 tot 5 april 1968. Het onderwerp zal zijn: „Kleurentelevisie" (zie boven).

Hifi 68 Düsseldorf

Van 30 augustus tot 3 september 1968 wordt in Düsseldorf een internationale tentoonstelling „hifi 68 Düsseldorf" gehouden. Hier wordt de gelegenheid geboden, de verschillende fabrikaten op het gebied der geluidsweergave onder gelijke akoestische omstandigheden te vergelijken.

Deze tentoonstelling wordt georganiseerd door het „Deutsche High-Fidelity Institut (dhfi), Frankfurt/Main, en de „Düsseldorfer Messegesellschaft mbH - NOWEA - (4 Düsseldorf 10, Postfach 10203), in samenwerking met overeenkomstige organisaties in Engeland, Frankrijk, Oostenrijk, Denemarken, Zweden, U.S.A. en Japan.

VARIA

Potentiometers en relais

ITT-Standard heeft twee keurig verzorgde boekjes uitgegeven; een dat alle gegevens bevat betreffende hun potentiometers en toebehoren (60 blz.) en een betreffende relais (64 blz.). Van alle potentiometers en relais zijn afbeeldingen opgenomen. De boekjes zijn verkrijgbaar bij: ITT-Standard, Emmastraat 9, Den Haag.

Normalisatie

Het Nederlands Normalisatie-Instituut heeft het jaarverslag over 1966 van het „Nederlands Elektrotechnisch Comité" (NEC) gepubliceerd. In dit 52 blz. tellende boekje zijn op overzichtelijke wijze de problematiek en de voortgang der werkzaamheden belicht betreffende normalisatie op wereld- en Europees niveau, alsmede in de Benelux en in Nederland.

Naast andere belangrijke onderwerpen wordt vooral de aandacht gevestigd op de harmonisatie van normen in Europa, vooral in de EEG-landen, waar deze harmonisatie een uitvloeisel is van het EEG-verdrag.

Aan het eind van het jaarverslag worden de activiteiten vermeld van de diverse normcommissies gedurende het verslagjaar.

BOEKBESPREKINGEN

Geofysica, door prof. dr. J. Veldkamp. 442 blz., 16 fotoblz., 112 fig. Uitg. Het Spectrum N.V., Aulaboeken, Utrecht/Antwerpen. 1965. Prijs *f* 5,90.

De onderwerpen, die in dit boek behandeld worden, strekken zich uit van het diepe inwendige van de aarde tot de ijle buitenkant van de damp-

kring. In elf hoofdstukken worden allerlei eigenschappen van de vaste aarde zelf behandeld. De schrijver behandelt niet alleen de nieuwste inzichten, maar laat ook zien, hoe het inzicht zich in de loop der eeuwen heeft ontwikkeld. Bij de ouderdom van de aarde (5 tot 6 miljard jaar) wordt ook de geologische tijdschaal behandeld. Voor de ideëen over vorm en grootte van de aarde hebben de satellieten de nieuwste bijdragen gegeven. Over de struktuur van het inwendige van de aarde heeft men tal van seismische gegevens. Ook het aardmagnetisme moet uit het model verklaard kunnen worden. De struktuur van continent en oceaan en de vermoedens over beweging der continenten worden uitvoerig behandeld. Aardbevingen worden beschreven en hun oorzaak verduidelijkt. Ook bij het vulkanisme worden enige beroemde uitbarstingen meer gedetailleerd beschreven. De meting van de zwaartekracht, en diverse geophysische opsporingsmethoden worden behandeld, evenals hun consequenties bijv. voor delfstofopsporing.

Vijf hoofdstukken zijn gewijd aan de dampkring. Hierin wordt achtereenvolgens aan verschijnselen in de troposfeer, de stratosfeer, de mesosfeer, de ionosfeer en de exosfeer aandacht geschonken. Het poollicht krijgt ruim aandacht. De ontdekking van de ionosfeer en de struktuur der verschillende geïoniseerde lagen worden besproken. Nog verder naar buiten vinden we de exosfeer, met de natuurlijke fluitsignalen: de „whistlers", en de stralingsgordels. De invloed van de zon, en de vragen, die de zeer snelle deeltjes nog steeds opwerpen, worden besproken.

De internationale geofysische jaren, en de Nederlandse activiteiten in die jaren worden samenvattend behandeld, tot het internationale jaar van de rustige zon (1964-1965). In de laatste jaren spelen ook hier satellieten een steeds grotere rol bij het onderzoek. Vele hiervan worden genoemd, en enkele wat uitvoeriger bekeken. De tekst is vrij gehouden van formules. In een laatste hoofdstuk worden de bij de verschillende gebieden behorende theorieën dan nog eens kort behandeld met opgave van de belangrijkste formules, en verwijzing naar meer speciale literatuur. Een register van 12 pagina's kleine druk maakt het mogelijk de verschillende onderwerpen snel op te zoeken.

Professor Veldkamp, die een leidend aandeel heeft in vele onderzoekingen op geofysisch gebied, heeft een zeer aantrekkelijk overzicht tot stand gebracht, dat zich prettig laat lezen. Men vindt er bovendien tal van weinig bekende bijzonderheden. De uitgave is keurig verzorgd, en wordt alle belangstellenden in dit gebied gaarne aanbevolen.

F. L. Stumpers

Microwave breakdown in gases, by A. D. MacDonald. 201 blz., 101 fig. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1967. Prijs 64 s.

De schrijver van het bovenstaande boek begon aan zijn onderwerp toen hij, nu bijna twintig jaar geleden, als student bij de hoogleraren S. C. Brown en W. P. Allis aan het M.I.T. werkte. Volgens het voorwoord moet het boek, een verhandeling over theorie en experimenten op het gebied van de doorslag tengevolge van hoogfrequente electromagnetische velden, gemakkelijk te begrijpen zijn voor „senior undergraduate and first year gra-

duate students in physics and electrical engineering". Een van de meest opvallende aspecten van het onderwerp is de wijze waarop de theorie in verband kan worden gebracht met de proeven.

In een inleidend hoofdstuk wordt het vraagstuk verduidelijkt door middel van een globale beschrijving van de meetopstelling. Enige stellingen uit de dimensierekening worden gegeven omdat deze vaak worden toegepast bij het werk aan gasontladingen. In het tweede hoofdstuk worden bij de elastische botsing begrippen als de gemiddelde vrije weglengte, de dwarsdoorsnede voor verstrooiing en die voor impulsoverdracht, de botsingskans en de botsingsfrequentie schetsmatig ingevoerd. Zeer kort wordt ingegaan op aanslag en ionisatie. Het hoofdstuk over electronen wordt besloten met een beschrijving van de proeven waardoor electronen verloren gaan: vrije en ambipolaire diffusie, aanhechting en recombinatie. In het derde hoofdstuk wordt de vergelijking van Boltzmann ingevoerd. De differentiaalvergelijking voor de verdelingsfunctie met een harmonisch wisselveld wordt afgeleid. Het doorslagcriterium van Townsend, oorspronkelijk bedoeld voor lage frequenties, is ook nuttig bij hoogfrequente velden. Het criterium wordt eerst toegepast op gassen waarbij de botsingsfrequentie onafhankelijk is van de snelheid van het electron. Is aan deze voorwaarde niet geheel voldaan dan worden de resultaten gecorrigeerd (blz. 82). Het boek vindt zijn hoogtepunt waar de overeenstemming tussen theorie en experiment wordt aangetoond. Neon en neonargon worden behandeld als gassen waarbij de botsingsfrequentie als een functie van de doorslagspanning kan worden gegeven. Voor argon, krypton en xenon zijn er alleen experimentele resultaten. Bij hoogfrequente velden verandert de veldsterkte over afstanden die vergelijkbaar zijn met een kwartgolflengte.

Een statisch magnetisch veld veroorzaakt anisotropie in de diffusie. De doorslagspanning voor lucht is van praktisch belang bij de communicatie met ruimtevaartuigen en stratosferische vliegtuigen. De vraag is bij welke veldsterkte of bij welk vermogen zal er op de grote hoogte doorslag optreden. Aan dit laatste hoofdstuk gaat een grondige beschrijving van de microgolftechniek en de vacuumtechniek vooraf.

De stijl van het boek is didactisch met een bijna onnavolgbare helderheid en duidelijkheid, zonder onnodige uitweidingen. Het beschrijft slechts de hoofdzaken. Bij het doorbladeren van de 200 blz. valt het op dat er vrijwel uitsluitend theorie of resultaten van het experiment worden besproken. Experimentele details ontbreken. Met opzet, omdat vele van de technieken reeds zijn verouderd (blz. 142). De theorieën zijn analystisch van aard; zodra het niet gelukt is om de botsingsfrequentie op eenvoudige wijze in formule te brengen blijft de berekening uit. Door gebruik te maken van moderne numerieke methoden zou men in alle gevallen een voorspelling van de doorslagspanning hebben kunnen doen. W. van Veenendaal

Electronics, door R. H. Mattson. 620 blz., vele figuren. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1966. Prijs 98 s.

De basis voor de tekst van dit boek is de stof behandeld in het college Elektronica van de auteur, Prof. R. H. Mattson Ph. D., M.S.E.E., voorzitter van de afdeling der Elektrotechniek van de Universiteit van Arizona. Hieraan zijn nog enkele hoofdstukken toegevoegd om de theoretische uiteenzettingen volledig te kunnen begrijpen. Van de lezer wordt veronder-

steld, dat hij bekend is met de beginselen van de wis- en natuurkunde, netwerk-analyse en Laplace-transformaties.

Het doel van de auteur is de lezer de fundamentele middelen te geven nodig voor het ontwerpen van elektronische schakelingen met inachtneming van factoren als de kosten, betrouwbaarheid en nauwkeurigheid. Ofschoon het moeilijk is om alle eisen hiervoor te specificeren, kan men stellen dat de ontwerper volledig op de hoogte moet zijn van de werking van elektronische componenten. Verder dient hij een bruikbare schakeling te kunnen kiezen, waarmede de gewenste functie kan worden gerealiseerd. De volgende stap is het analyseren van de schakeling om na te gaan of het resultaat overeenkomt met het gestelde doel. Meestal zijn veranderingen nodig en dienen de stappen telkens te worden herhaald. Een proces dat beter verloopt, naarmate de ontwerper meer ervaring, intuïtie en kennis van nieuwe schakelingen bezit.

Een belangrijk aspect in de synthese, is de keuze van het actieve element. Door de recente vooruitgang in de halfgeleider-technieken zijn de halfgeleider-dioden en transistoren elementen, die door hun betrouwbaarheid en compactheid bij uitstek geschikt zijn voor vele toepassingen. In nieuwe ontwerpen worden deze componenten dan ook steeds meer toegepast. Volledige bekendheid met het mechanisme van halfgeleiders is dus noodzakelijk. Om deze redenen heeft de auteur het accent gelegd op de werking van deze elementen en hun toepassingen.

Zo worden in het eerste hoofdstuk de fysische eigenschappen behandeld nodig om de elektrische geleiding in vaste stoffen, in het bijzonder in halfgeleiders, te verklaren. In de hoofdstukken 2 en 3 wordt de theorie over dioden, transistoren en elektronenbuizen gegeven. In hoofdstuk 4 wordt veel aandacht besteed aan het ontwikkelen van vervangingsschema's voor de niet-lineaire aktieve elementen. Deze schema's zijn met uitsluitend lineaire elementen zo opgebouwd dat de I-U-karakteristiek van het niet-lineaire aktieve element zo goed mogelijk wordt benaderd. De auteur wijst op het belang van de schema's, waarmede men zowel het werkpunt als het gedrag voor kleine signalen kan bepalen. Hoofdstuk 5 beschrijft enkele in de elektronica veel gebruikte omzetters. In hoofdstuk 6 worden de signalen, die bij de communicatiesystemen in gebruik zijn, gekarakteriseerd en de werking van de digitale rekenmachine geïntroduceerd. Hoofdstuk 7 behandelt enkele belangrijke elektronische functies, die men met 2-pool-elementen kan realiseren. Op welke wijze een aktief element dient te worden ingesteld en hoe daarbij de vervangingsschema's uit hoofdstuk 4 kunnen worden toegepast, wordt in hoofdstuk 8 beschreven. Een samenvatting van de lineaire netwerktheorie, het beschrijven van een netwerk in matrix-vorm en de parametervoorstelling van transistoren wordt in hoofdstuk 9 gegeven. Origineel is de wijze waarop de auteur in dit hoofdstuk bij het bestuderen van het gedrag van lineaire systemen de Bode-diagrammen combineert met de analyse van polen en nulpunten. In hoofdstuk 10 en 11 wordt het gedrag van transistoren en elektronenbuizen als versterker onderzocht en in hoofdstuk 12 het gedrag van deze elementen als schakelaar. Tenslotte wordt in hoofdstuk 13 met enkele numerieke voorbeelden aangetoond hoe men een bepaalde schakeling kan ontwerpen.

Door de logische en overzichtelijke indeling van het boek, de uitstekende verzorging, de duidelijke illustraties en het talent van de schrijver om

ook gecompliceerde zaken op een directe en eenvoudige manier te verklaren, levert het lezen van dit boek weinig moeilijkheden op.

K. Breukers

UIT HET N.E.R.G.

Werkvergaderingen

Op 20 januari 1967 is de 189e werkvergadering gehouden in het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Waalre, met als onderwerp: *Kleurentelevisie*. Van de vijf gehouden voordrachten volgt hier een samenvatting.

Dr. F. W. de Vrijer, Algemene aspecten van de kleurentelevisie. Het PAL-systeem.

Grondslag voor de mogelijkheid van kleurentelevisie in zijn huidige vormen is het principe van de additieve kleurmenging. Door licht van de drie grondkleuren (rood, groen en blauw) in verschillende hoeveelheden op te tellen, dwz. gelijktijdig hetzelfde deel van het netvlies te laten treffen, kan men praktisch alle voorkomende kleuren nabootsen. Besproken werd, hoe men door middel van projectie van drie grondkleurbeelden een weergeefsysteem voor kleurentelevisie kan verkrijgen, dat speciaal voor grote beelden zeer goed bruikbaar is. Andere voorbeelden van weergeefsystemen zijn de schaduwmaskerbuis en de indexbuis, die uitvoeriger in twee andere voordrachten werden behandeld.

In een kleurentelevisiecamera worden de drie grondkleursignalen verkregen door het licht van de scène in zijn rode, groene en blauwe bestanddelen te scheiden en aan drie opneembuizen toe te voeren. De optische en colorimetrische problemen hierbij werden kort besproken. Tenslotte kwam het probleem van de signaaloverdracht aan de orde. De gemeenschappelijke kenmerken van de concurrerende systemen werden eerst behandeld: helderheidssignaal, kleurverschilsignalen, „mixed highs", hulpdraaggolf, compatibiliteit. Zeer kort werd daarna het principe van het PAL-systeem behandeld en enkele van zijn voor- en nadelen besproken. Tevens werden enkele ervaringen bij de experimentele uitzendingen in Eindhoven genoemd.

Een uitvoeriger behandeling van de meeste in deze voordracht besproken punten kan men vinden in:
F. W. de Vrijer, Grondslagen van de kleurentelevisie; Philips techn. T. *19*, 80-91, 1957;
F. W. de Vrijer, Overbrengingssystemen voor kleurentelevisie, Philips techn. T. *27*, 169 - 182, 1966.

Ir. S. L. Tan, Kleurentelevisiecamera's.

In een kleurentelevisiecamera wordt het door een objectief ingevangen licht, afkomstig van het op te nemen tafereel, door middel van een kleurselectief spiegelsysteem gesplitst in de drie primaire kleurcomponenten rood, groen en blauw. Dank zij de kleine afmetingen van de „plumbicon"-

opneembuis en toepassing van een compacte uit prismadelen samengestelde spiegeloptiek is het mogelijk gebleken, de kleursplitsing tot stand te brengen in de beperkte vrije ruimte achter het objectief. De drie op deze wijze verkregen deelbeelden worden in drie opneembuizen tot drie televisiesignalen verwerkt.

Hierbij is het van belang, dat drie punten, afkomstig van hetzelfde punt in het tafereel, op exact hetzelfde moment worden afgetast, opdat ze bij de weergave elkaar dekken.

De drie televisiesignalen worden, nadat ze tot een redelijk niveau zijn versterkt, via coaxiale kabels naar het bedieningstoestel gestuurd, waar ze verder worden bewerkt.

Tot de belangrijkste bewerkingen, die de signalen ondergaan, behoren o.a. het vastleggen van het zwart- en het witniveau en de z.g. gammacorrectie. Voor de laatstgenoemde bewerking worden de signalen door nietlineaire versterkers gestuurd, ten einde bij de weergave de niet-lineaire karakteristieken van de weergeefbuizen te compenseren.

Ter accentuering van de scherpte van de televisiebeelden wordt zg. contourcorrectie toegepast. Hierbij wordt uit het groene signaal met behulp van vertragingslijnen en een matrix een contoursignaal geëxtraheerd, dat in gelijke mate wordt opgeteld bij de drie signalen, zodat de toegevoegde contouren kleurloos zijn.

Met soortgelijke en andere verbeteringen is een camera ontwikkeld, die in staat is, kleurentelevisiebeelden van uitstekende kwaliteit te reproduceren.

G. L. Lubben, Philips' experimentele kleurentelevisie-uitzendingen.

Sinds oktober 1964 vinden er vanuit het Natuurkundig Laboratorium in Waalre regelmatig maandelijkse experimentele kleurentelevisie-uitzendingen plaats. Het doel van deze experimenten is het opdoen van ervaringen met alle hiervoor benodigde apparatuur: studio-apparatuur, zenders en ontvangers. Getracht wordt de programma's enerzijds zo veelzijdig mogelijk te doen zijn en anderzijds zoveel mogelijk gebruikelijke omstandigheden te benaderen. Mede hiervoor is samenwerking gezocht en gevonden bij de NTS t.a.v. programmafaciliteiten zoals decor, belichten en opnametechniek en bij de omroepverenigingen t.a.v. programmaproducties.

In de studio, welke een oppervlakte heeft van ca. 200 m^2, worden 3 camera's gebruikt. Het zijn 3-buizen „Plumbicon"-camera's uit de normale productie. Verder staan ter beschikking een 35 mm flying-spot filmscanner, een 16 mm „Plumbicon"-filmscanner, een dia-aftaster en een episcanner. Het samengestelde videosignaal wordt met behulp van een straalzender met een frequentie van ca. 11 GHz naar de in Eindhoven gestationeerde zender gebracht. De zender werkt op kanaal 60 (782-790 MHz), en heeft een vermogen van ca. 20 kW effectief. De reikwijdte voor goede ontvangst is ca. 20 km. In en om Eindhoven zijn een honderdtal kleurenontvangers geplaatst. De kijkers brengen van elke uitzending rapport uit over de technische en programmatische kwaliteit.

Gedurende goed anderhalf jaar is het NTSC-systeem voor de transmissie gebruikt. Daarna is overgegaan op het PAL-systeem. Een duidelijk verschil in de gemiddelde beeldkwaliteit bij het gebruik van deze beide

transmissiesystemen is niet naar voren gekomen. Wel blijkt men het instellen van de ontvanger bij gebruik van het PAL-systeem iets gemakkelijker te vinden. De ontvangers waren van het delay-line type. In het algemeen kan gezegd worden dat in alle opzichten van een goede beeldkwaliteit gesproken kan worden, zeker gedurende de laatste tijd. Een dergelijke verbetering is voor een groot deel bereikt door het geleidelijk invoeren van talloze verbeteringen aan alle apparatuur, zowel aan de opnamekant, de zender als aan de ontvangers. Enkele voorbeelden hiervan zijn het toepassen van verticale apertuurcorrectie voor de camerasignalen, ruisarmere voorversterkers in de camera's, verbetering van de signaalbehandeling bij de zender en tenslotte een in vele opzichten verbeterde ontvanger.

Opmerkelijk is ook het betere resultaat dat verkregen wordt door een goed gebruik te maken van kleur en kleurcontrasten in het programmamateriaal. Gebleken is dat voor het „vertalen" van de scène voor de camera naar de beeldindruk op de weergeefbuis een zekere ervaring nodig is. Dit is niet te wijten aan eventuele technische of colorimetrische tekortkomingen van de camera; deze zijn in de praktijk te verwaarlozen. Het heeft veel meer te maken met verschijnselen die liggen op het gebied van de perceptie.

Ook de regietechniek heeft invloed op het accepteren van kleuren. Vorm-, situatie- en (huid-)structuurherkenning spelen een belangrijke rol bij de kleurenacceptatie.

Tenslotte zij nog vermeld dat in sept. 1966 een uitwisseling van een kleurentelevisie-programma met Stockholm heeft plaats gehad met medewerking van de PTT. De uitwisseling geschiedde via het normale Eurovisienet. Zowel de ontvangst van het programma uit Waalre in Stockholm als die op de ontvangers in Eindhoven van de beelden uit Stockholm was uitstekend. Voor het gereed maken van deze dubbele verbinding was niet meer tijd beschikbaar dan normaal gebruikt wordt voor een uitwisseling van zwart-wit televisieprogramma's.

*Ir. C. J. W. Panis, **Weergeefbuizen voor kleurentelevisie; de schaduwmasker-beeldbuis**.*

Inleiding

De schaduwmasker-beeldbuis wordt vrijwel overal gebruikt voor de weergave van kleurentelevisiebeelden en is het enige type, dat momenteel op massafabricage-basis in verschillende landen wordt geproduceerd.

Het is een relatief eenvoudige buis, maar er zijn echter toch enige beperkingen aan te wijzen. Dit is de reden, dat in verschillende laboratoria nog naar alternatieve oplossingen wordt gezocht. Eén van deze andere systemen, waaraan in het Natuurkundig Laboratorium van Philips wordt gewerkt, wordt in de volgende voordracht (Van den Avoort) behandeld.

Werking

De werking van de schaduwmasker-beeldbuis werd besproken. De buis is een direkt-zicht beeldbuis, waarbij het fluorescerende scherm als een

mozaïek is aangebracht in die zin, dat 1.200.000 ronde „fosfor"-stipjes (met een diameter van ongeveer 0,4 mm) en bestaande uit rood, groen en blauw oplichtende fosforescerende stoffen in een bepaald patroon zijn aangebracht. In de hals van de buis zijn 3 kanonnen geplaatst, waarvan 3 elektronenbundels uitgaan, die ieder voor zich slechts op één van de drie kleurgevende fosforpatronen kunnen vallen. Dit is bereikt door tussenkomst van een z.g. kleurselectie-elektrode, die in de vorm van een metalen zeefplaat vrij dicht vóór het fosforscherm is aangebracht. Aan deze zeefplaat ontleent de schaduwmasker-beeldbuis zijn naam. Het aantal stipjes op het scherm is zó groot, dat het oog ze niet afzonderlijk kan onderscheiden, en het beeld wordt als één continu kleurenbeeld gewaardeerd. De 3 kanonnen worden bedreven met de kleurinformatiesignalen ER, EG en EB, overeenkomend met de rode, groene en blauwe signaalinhoud van de scène. De oplichtende fosforstipjes fungeren als primaire additieve lichtbronnen en de kleurindruk komt door additieve kleurmenging in het oog van de waarnemer tot stand.

Vervaardiging

Het schaduwmasker, waaraan de hoogste eisen worden gesteld ten aanzien van de homogeniteit van de transmissie, wordt uit een dunne metaalplaat vervaardigd met behulp van een chemisch etsprocédé, waaraan een fotochemisch drukproces is voorafgegaan. Deze vlakke zeefplaat wordt vervolgens bol getrokken en op een draagframe gelast, en daarna met een exact passende constructie in het glazen scherm van de beeldbuis bevestigd. Het aanbrengen van het fosformozaïek geschiedt eveneens met behulp van fotochemische druktechnieken. De buis wordt verder verwerkt op analoge wijze als gebruikelijk bij zwart-wit televisie-beeldbuizen.

Ontwikkeling

Een aantal ontwikkelingsfacetten werd vervolgens behandeld. De ontwikkeling van moderne kleurenbeeldbuizen met grote deflectiehoek werd besproken, waarbij de opgave moest worden vervuld, een gelijke beeldweergavekwaliteit ten opzichte van de oorspronkelijke schaduwmaskerbuistypen (rotatie-symmetrische buizen met kleine afbuighoek) te realiseren. In het bijzonder werd ingegaan op de kwaliteitsaspecten ten aanzien van kleurzuiverheid, convergentie en rasterlineariteit. Aangegeven werd op welke wijze bij de vervaardiging van de moderne weergeefbuizen de invloed van een groot aantal storende factoren kan worden geëlimineerd, althans beperkt.

Samenvattend kan ten aanzien van de ontwikkeling van moderne beeldweergeefbuizen voor kleurentelevisie worden gezegd, dat het gestelde doel is bereikt, in die zin, dat een uitstekende weergavekwaliteit kan worden verkregen. De instelling van de beeldbuis is echter tamelijk kritisch, zodat aan de stabiliteit van de ontvangapparaten hoge eisen moeten worden gesteld. De huidige ontwikkeling is erop gericht in deze situatie verdere verruiming te realiseren.

Ir. P. M. van den Avoort, Weergeefbuizen voor kleurentelevisie; de index-beeldbuis.

Kleurentelevisieweergeefbuizen kunnen volgens verschillende principes worden geconstrueerd. Het meest bekende, en in massafabricage uitsluitend toegepaste principe, is dat van de schaduwmaskerbuis. Uit een breed opgezet onderzoek aan verschillende typen weergeefbuizen is gebleken dat de indexbuis het meest belovende alternatief voor massaproductie zou kunnen vormen. Deze buis vertoont een zeer grote overeenkomst met een zwart-wit-buis en bevat geen speciale onderdelen zoals een rooster, masker of dergelijke waardoor ook de moeilijkheden bij de positionering van het rooster of masker ten opzichte van het scherm vervallen.

De indexbuis is een éénkanonskleurenweergeefbuis, waarbij de kleurenselectie plaatsvindt door de elektronenbundel. Steeds wanneer deze zich op een rode, blauwe, resp. groene fosfor bevindt wordt gedurende korte tijd het rode, blauwe, resp. groene signaal ingeschakeld. De fosforen zijn hierbij gerangschikt in verticale lijnen, gescheiden door even brede zwarte lijnen.

Vergelijkt men een éénkanonsbuis met een driekanonsbuis, dan vindt men als belangrijkste voordelen het vervallen van het dekkingsprobleem van de drie deelbeelden en het gelijkloopprobleem van de drie kanonnen. Dit betekent, dat bij de éénkanonsbuis in het algemeen met lagere mechanische tolerantie-eisen kan worden volstaan.

Vergelijking van het kleurenselectie-mechanisme, toegepast in de indexbuis resp. de schaduwmaskerbuis, leert dat de kleurzuiverheid wordt bepaald door de grootte van de elektronenspot resp. de richting van de drie elektronenbundels. Rekening houdende met de gewenste lichtopbrengst en het minimum aantal toe te passen kleurlijnen in verband met het oplossend vermogen vindt men, dat de kleurselectie-methode van de schaduwmaskerbuis beter aan de eisen kan voldoen dan die van de indexbuis. Bij cirkelvormige spot zal de ruimtelading in de bundel van de indexbuis aanzienlijk hoger zijn dan die bij de schaduwmaskerbuis. Om die reden wordt een ellipsvormige spot, waarvan de lange as verticaal staat, gekozen. De deflectiespoel moet zo worden ontworpen, dat bij afbuiging van de bundel geen rotatie van de spot optreedt.

De informatie omtrent de positie van de spot wordt geleverd door ultraviolette fosforlijnen, die aan de achterzijde van het scherm in een bepaald patroon zijn aangebracht, achter de zwarte lijnen. De ultraviolette straling wordt door een photomultiplier omgezet in stroompulsen, die de gewenste informatie bevatten. In verband met de stabiliteit van het regelsysteem, dat uit het indexsignaal bepaalt hoe de kleurinformatie aan de buis wordt toegevoerd, moet het aantal indexlijnen zodanig worden gekozen, dat de index-herhalingsfrequentie en de kleurschakelfrequentie niet aan elkaar gelijk zijn, maar wel in een bepaalde verhouding tot elkaar staan. De mogelijke verhoudingen impliceren echter het gebruik van o.a. een frequentiedeler, die steeds aan het begin van een horizontale aftasting in de juiste fase moet worden gestart.

De elektronische behandeling van de kleursignalen is vrij uitgebreid. Resumerend kan worden gesteld dat de indexbuis zelf eenvoudig van opbouw is, dat echter de bijbehorende schakelingen, door het grote aantal

op zichzelf eenvoudige functies, die moeten worden verricht, gecompliceerd zijn.

EXAMENCOMMISSIE

Examens najaar 1967

De examens voor Elektronicamonteur en Elektronicatechnicus (najaar 1967) worden gehouden op onderstaande dagen.

Elektronicamonteur

Schriftelijk 2 oktober 1967
Mondeling 20 en 21 november, 4 en 5 december 1967

Elektronicatechnicus

1e deel 9 oktober 1967
2e deel 27 en 28 november, 11 en 12 december 1967

De examens worden afgenomen in het gebouw „Haagse Dierentuin", Koningskade 3, 's-Gravenhage.

Verslag van het examen Elektronicamonteur en Elektronicatechnicus, gehouden in het voorjaar 1967

Elektronicamonteur

Het schriftelijk examen werd gehouden op 3 april 1967. De mondelinge examens vonden plaats op 22, 23 mei, 5, 6, 12, 13 en 19 juni 1967.

	schriftelijk	mondeling	herexamen
deelgenomen	250	155	–
afgewezen	92	41	–
herexamen	–	–	–
geslaagd	158	114	–
niet opgekomen	–	3	–

Elektronicatechnicus

Het examen voor het eerste deel werd gehouden op 10 april 1967. De examens voor het tweede deel vonden plaats op 30, 31 mei en 12 juni '67.

	1e deel	2e deel	herexamen
deelgenomen	291	67	1
afgewezen	193	29	–
herexamen	–	–	–
geslaagd	98	38	1

Aan twee kandidaten Elektronicatechnicus (A. H. Kruijer, Weesperkarspel en C. P. Visser, Naarden) werd de *Wera-fonds-examenprijs* toegekend.

LEDENMUTATIES

Nieuwe leden:

Ir. F. H. Altmann, W. van Aelststraat 23, Delft.
Prof. Dr. Ing. H. J. Butterweck, 't Geluk 10, Geldrop.
Ir. L. D. J. Eggermont, Nieuwe Boschstraat 33A, Breda.
Ir. G. W. Lubking, Vrijenbansestraat 20B, Rotterdam.
Ir. J. S. van Sinttruyen, Weteringstraat 39b, Rotterdam.

Voorgestelde leden:

Ir. H. Mulder, Pansierstraat 38, Den Haag.

Nieuwe adressen van leden:

Ir. H. Allaries, Hildebrandlaan 49, Oosterhout (N.B.).
Ir. J. van Buuren, de Savornin Lohmanlaan 16, Enschede.
Ir. L. G. Drenthen, Merelhoven 24, Capelle aan de IJssel.
Ir. J. H. Dijk, Zevenenderdrift 15, Laren (N.H.).
Ltz. I E. Ferwerda, Grundelweg 2A, Hengelo (O.).
Ir. P. J. C. Hamelberg, Norenburg 165, Den Haag.
Dr. Ir. H. J. Heyn, Houterburgweg 7, Geldrop.
Ir. A. S. T. Kruijf, 42 Knollbrook Road 14, Rochester, N.Y. 14610, U.S.A.
Gen. b.d. J. W. E. Mulder, Hooghei 36, Berlicum (N.B.).
Ir. W. B. G. M. Oude Vrielink, Muiderslotstraat 67, Breda.
A. J. Sietsma, Tonterstraat 13, Riethoven (N.B.).